

LAS VARIACIONES PERIODICAS DE LA GRAVEDAD OBSERVADAS EN EL TUNEL VOLCANICO DE LA CUEVA DE LOS VERDES (LANZAROTE)

R. VIEIRA, J. FERNANDEZ Y C. TORO

Instituto de Astronomía y Geodesia
Facultad de Ciencias Matemáticas
Universidad Complutense
28040 Madrid

RESUMEN

En el marco de los proyectos de investigación que sobre Mareas Terrestres y Geodinámica en las Islas Canarias desarrolla el Instituto de Astronomía y Geodesia, se ha instalado en el interior del túnel volcánico del Volcán de la Corona en Lanzarote, en la zona llamada Cueva de los Verdes, una estación Geodinámica. Uno de los sensores, ya en funcionamiento desde mayo de 1987, es un gravímetro LaCoste Romberg mod. G modificado como instrumento de masa estática (Van Ruymbeke, 1985) con registro continuo, sobre sistema analógico, de las variaciones de la gravedad. En este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos y se discuten dichos resultados teniendo en cuenta las singularidades de Lanzarote, isla con volcanismo reciente, con fuertes anomalías térmicas, con corteza no continental, etc. y del lugar de emplazamiento de la estación a menos de 3 km de la costa y por consiguiente con una importante influencia oceánica.

1. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION

Como se describe en Vieira, et al. 1988, la estación Geodinámica de la Cueva de los Verdes se ha instalado en el interior de uno de los mayores túneles volcánicos conocidos que, con origen en el volcán de la Corona, se extiende aproximadamente unos 6 km bajo la superficie de la isla en dirección oeste hasta llegar a la costa continuando al menos dos km de trayectoria submarina. Las condiciones del emplazamiento resultan privilegiadas no solo por la grandeza y belleza del lugar sino por sus inmejorables posibilidades para la investigación geodinámica.

En mayo de 1987 se instaló el gravímetro LaCoste Romberg mod. G, nº 434 modificado como instrumento de cero. Este gravímetro está todavía en funcionamiento y salvo un periodo de desconexión por avería en el sistema de alimentación, la serie obtenida es de gran calidad. El gravímetro, previamente a esta experiencia, ha estado participando, junto con otros tres, en las observaciones de la línea de marea gravimétrica Kevo-Bruselas-Madrid (Ducarme et al. 1985), lo que ha permitido comprobar sus constantes de calibración y posibilita extender dicha línea hasta la latitud de 29°N.

STATION CUEVA DE LOS VERDES VERTICAL COMPONENT WPAIN
29 09 N 13 26 M H 060 M P 40 D 1 KM

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA.

C.S.I.C.-U.C.M.
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS.
28040 - MADRID
GRAVIMETRO LACOSTE ROMBERG MOD. G 434 METODO DE CERO
REGISTRADOR MICROSCRIBE
CALIBRATION: BRUXELLES FUNDAMENTAL STATION
INSTALATION: R.VIEIRA
MAINTENANCE: R.VIEIRA

LEAST SQUARE ANALYSIS / VENEDIOV FILTERS ON 48 HOURS / PROGRAMMING B. DUCARME
POTENTIAL CARTWRIGHT-TAYLER-EDDEN / COMPLET DEVELOPMENT
COMPUTING CENTER OF UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
COMPUTER IBM 360

INERTIAL CORRECTION PROPORTIONAL TO THE SQUARE OF ANGULAR SPEEDS
NORMALISATION FACTOR 0.99203
PHASE LAG 01 0.20 M2 0.40 01/M2 0.50
INSTRUMENTAL LAG 172.42 MIN.
CORRECTION FOR DIFFERENTIAL ATTENUATION M2/01 1.00121 /MODEL 2/

434 87 515/87 525 87 528/87 6 3 87 711/871011 871111/871129 8712 3/88 215
434 88 219/88 3 4 88 3 8/88 314 88 317/88 430 88 5 4/88 6 7

TIME INTERVAL 391.5 DAYS 7584 READINGS 9 BLOCKS

WAVE GROUP	ESTIMATED AMPL.	AMPL.	PHASE	RESIDUALS
ARGUMENT N WAVE	R.M.S.	FACTOR R.M.S.	DIFF. R.M.S.	AMPL. PHASE

INVERTED READINGS

115.-11X. 11 SIGMA1	0.21 0.03	1.0826 0.1299	0.35 6.87	0.02 175.1
124.-126. 10 201	0.09 0.03	1.3326 0.0413	-0.25 1.78	0.12 -1.9
127.-129. 11 SIGMA1	0.98 0.03	1.2166 0.0335	0.25 1.58	0.05 5.4
133.-136. 20 01	5.98 0.03	1.1824 0.0052	-2.38 0.25	0.27 -65.9
137.-139. 10 R01	1.17 0.03	1.2131 0.0272	-1.60 1.20	0.06 -32.5
143.-145. 16 01	30.14 0.03	1.1408 0.0010	-1.38 0.05	0.88 -124.4
146.-149. 10 TAU1	0.75 0.04	0.7104 0.1115	1.42 8.97	0.16 177.8
152.-155. 15 R01	2.39 0.02	1.1408 0.0116	0.10 0.58	0.02 168.1
156.-158. 7 K11	0.44 0.03	1.1149 0.0636	-3.99 3.26	0.04 -120.8
161.-162. 3 P11	0.78 0.03	1.0861 0.0430	0.33 2.26	0.05 174.8
163.-163. 7 P1	13.69 0.03	1.1130 0.0025	0.26 0.13	0.50 172.9
164.-164. 3 G1	0.26 0.05	0.8769 0.1555	-2.93 10.34	0.08 -170.7
165.-165. 11 K1	41.20 0.03	1.1087 0.0007	0.41 0.04	1.11 164.5
166.-166. 2 PS11	0.40 0.03	1.3587 0.1028	-4.42 4.34	0.05 -42.7
167.-168. 7 PH11	0.67 0.03	1.2749 0.0627	0.31 2.60	0.05 4.0
172.-174. 8 TLTAT	0.43 0.03	1.0874 0.0851	7.19 3.43	0.06 121.3
175.-177. 14 J1	2.38 0.03	1.1467 0.0127	-0.12 0.63	0.03 -170.6
181.-183. 7 S01	0.33 0.02	0.9578 0.0719	1.01 4.30	0.07 175.2
184.-186. 11 D01	1.29 0.02	1.1352 0.0151	0.88 0.76	0.04 145.6
191.-195. 14 N01	0.24 0.02	1.1035 0.0789	4.81 4.06	0.02 123.3

INVERTED READINGS

215.-22X. 19 EPS2	0.47 0.02	1.1172 0.0554	-8.41 2.64	0.07 -108.6
233.-236. 10 2N2	1.42 0.03	0.9769 0.0185	-1.64 1.08	0.27 -171.3
237.-238. 10 N02	1.74 0.02	0.9947 0.0138	-5.03 0.79	0.33 -123.7
243.-245. 13 N2	10.74 0.02	0.9822 0.0022	0.81 0.13	1.96 175.6
246.-248. 11 N02	2.15 0.02	1.0351 0.0111	0.49 0.61	0.26 175.9
252.-258. 26 N2	57.76 0.02	1.0092 0.0004	2.39 0.02	9.08 163.3
262.-264. 5 LAMB2	0.44 0.02	1.0519 0.0529	-0.08 2.88	0.05 -179.2
265.-265. 9 L2	1.69 0.01	1.0417 0.0091	3.55 0.50	0.22 151.8
267.-272. 5 Y2	1.63 0.02	1.0441 0.0137	5.75 0.75	0.25 139.2
273.-273. 4 S2	28.18 0.02	1.0585 0.0008	4.48 0.04	3.56 141.7
274.-277. 12 K2	7.65 0.02	1.0561 0.0023	4.06 0.12	0.94 145.0
282.-288. 15 ETAT	0.44 0.02	1.0745 0.0391	11.01 2.08	0.10 116.2
292.-295. 11 2K2	0.10 0.01	0.9551 0.0833	4.68 4.98	0.02 159.5

INVERTED READINGS

335.-347. 5 M03	0.08 0.01	1.0530 0.0504	-2.02 2.74	0.02 -32.5
353.-375. 11 M3	1.05 0.01	1.0735 0.0140	2.31 0.74	0.09 28.9

STANDARD DEVIATION D 1.65 SD 1.18 TD 0.68 MICROGAL
STUDENT FACTOR T(S=95(M/ 296))=1.96

01/K1 1.0289 1-01/1-K1 1.2949 M2/01 0.8846
CENTRAL EPOCH TJJ= 2447125.0

Tabla 1

En la Tabla 1 se dan los resultados del análisis de la serie comprendida entre el 15 de mayo de 1987 y el 7 de junio de 1988. En este análisis se ha considerado, dada la buena calidad de las observaciones, la máxima separación de armónicos posible para el intervalo de registro.

Es de gran interés el cálculo del efecto oceánico ya que por la situación de la estación la influencia de la marea oceánica, tanto por la atracción newtoniana como por la carga, es muy fuerte y la no óptima corrección de la misma imposibilita cualquier interpretación de dichos resultados desde el punto de vista geofísico.

El cálculo del efecto oceánico directamente a partir de las Cartas de Schwiderski (Schwiderski, 1980) puede dar lugar a errores ya que la cuadrícula de $1^\circ \times 1^\circ$ de dichas cartas es muy superior al tamaño de la toda la isla debiéndose proceder a una disminución del tamaño de dicha rejilla para de esta forma evitar los errores procedentes del cálculo del efecto oceánico de zonas próximas. En la Tabla 2 se dan los valores del efecto oceánico calculado a partir de Schwiderski eliminando los polígonos de acuerdo con el programa del International Center on Earth Tides del Dr. B. Ducarme. No obstante, en la actualidad se está trabajando en la prolongación de las Cartas Iberia (Vieira, et al., 1986) hasta la zona de la Islas Canarias por lo que en breve se dispondrá de resultados mejores teniendo en cuenta la forma y dimensiones no solo de Lanzarote sino de todo el archipiélago Canario.

También en la Tabla 2 se dan para los principales armónicos, los vectores residuales (X , χ) diferencias entre los vectores (L, λ) efecto oceánico obtenido a partir de las Cartas de Schwiderski y (B, β) diferencia de la amplitud y fase observada y la calculada a partir del modelo de Molodensky I y que figura en las dos últimas columnas de la tabla 1. Una primera interpretación de los resultados que aún consideramos provisionales, hasta no disponer de una corrección oceánica más ajustada a la realidad, podemos resumirlo en los siguientes puntos:

- 1º) De acuerdo con el trabajo de Yanshin et al. (1986) la componente $X \cos \chi$ da valores positivos que en el caso de M_2 son superiores a 2. Esto significaría una muy buena comprobación de la influencia que sobre esta componente tiene la estructura de la litosfera y las anomalías geotérmicas. No obstante la confirmación final de este importantísimo punto quedará supeditada a la optimización del cálculo del efecto oceánico a partir de las Cartas de Schwiderski suplementada en la zona de la Islas Canarias con las nuevas cartas desarrolladas en nuestro Instituto.

	L	λ	X	χ	$X \sin \chi$	$X \cos \chi$
Q_1	0.17	44.53	0.3654	-91.58	-0.3653	-0.0010
O_1	0.78	260.55	0.3718	173.80	0.0401	-0.3696
K_1	0.96	152.08	0.2651	-146.38	-0.1468	-0.2207
N_2	2.40	179.72	0.4668	17.28	0.1386	0.4457
M_2	11.67	164.01	2.5921	-13.50	-0.6053	2.5214
S_2	4.38	140.76	0.8282	-43.28	-0.5678	0.6029
K_2	1.37	137.98	0.4497	-56.82	-0.3764	0.2461

Tabla 2

- 2º) No resulta posible por el momento sacar ninguna conclusión de interés respecto a la extensión del perfil Kevo-Bruselas-Madrid a Lanzarote ya que como decíamos en el punto anterior la corrección oceánica resulta crítica.
- 3º) Los resultados del análisis que se recogen en la Tabla 1 han sido normalizados de acuerdo a la intercomparación realizada en Madrid con otros 3 gravímetros LaCoste Romberg modificados como instrumentos de cero, los números 402 y 487 del Observatoire Royal de Belgique y el 665 del Instituto de Astronomía y Geodesia. Es de destacar la calidad de los resultados obtenidos hasta el momento, sobre todo teniendo en cuenta que aún sobre las observaciones no se ha realizado corrección por variación de presión atmosférica lo que mejorará aún más - los errores cuadráticos medidos de los armónicos y las desviaciones de los grupos.

AGRADECIMIENTOS

Estas investigaciones se desarrollan dentro del proyecto "Estudio y evaluación de movimientos recientes de la corteza por métodos microgravimétricos y de geodesia de precisión. Aplicación a zonas volcánicas en las Islas Canarias" financiado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Los autores desean expresar su agradecimiento al Cabildo Insular de Lanzarote y especialmente a los Sres. Naverán, Soto y Espino por su colaboración tanto en la instalación como en el mantenimiento de la estación.

REFERENCIAS

- VAN RUYMBEKE, M. 1985: Transformation of mine LaCoste Romberg gravimeters in feedback system. Bull. Ing. Marées Terrestres, nº 93, pp.6202-6228.
- VIEIRA, R., FERNANDEZ, J., TORO, C. 1988: La Estación Geodinámica de la Cueva de los Verdes (Lanzarote): primeros resultados de las experiencias realizadas. Rev. R. Ac. Cien. Exactas, Físicas y Naturales (en - prensa)
- DUCARME, B., VIEIRA, R., KAARIAINEN, J., 1986: An european tidal gravity profile over 30 deg. latitude difference (Kevo-Bruxelles-Madrid). Proc. of the Tenth International Symposium on Earth Tides (Edit. R. Vieira). C.S.I.C. Madrid. pp. 199-212.
- YANSHIN, A. L., MELCHIOR, P., KEILIS-BOROK, V.I., DE BEKER, M., DUCARME, B. and SADOVSKY, A.M., 1986: Global distribution of tidal anomalies and an attempt of its geotectonic interpretation. Proc. of the Tenth International Symposium on Earth Tides (Edit. R. Vieira). C.S.I.C. Madrid. pp. 731-755.

SCHWIDERSKY, E. W., 1980: On charting global Ocean Tides. Rev. of Geophysics and Space Physics. Vol. 18 n° 1 pp. 243-268.

VIEIRA, R., TORO, C., MEGIAS, E., 1986: Ocean tides in the nearby of Iberian Peninsula. Part I: M₂ Iberia Map. Proc. of the Tenth International Symposium on Earth Tides (Ed. R. Vieira). C.S.I.C. Madrid. pp. 679-698.